Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.62, n.4, p.513-518, out./dez.2004
ISSN 0365-4508

REGISTRO DA ATIVIDADE DE ORGANISMOS EM UM CAULE DO PERMIANO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL [1]

(Com 6 figuras)

ROBSON TADEU BOLZON [2, 3]
INÊS AZEVEDO [2, 4]
LUCIANO GANDIN MACHADO [5]

RESUMO: Neste trabalho são analisadas perfurações e galerias identificadas em um fragmento de lenho proveniente da Formação Serra Alta, Permiano Superior da Bacia do Paraná. No exemplar ocorrem áreas com uma preservação anatômica excelente refletindo em células bem preservadas. A destruição do tecido lenhoso produzida por insetos foi acompanhada pela degradação dos tecidos por ação de fungos e bactérias. Nas regiões onde a atividade de organismos se manifesta, a sílica precipitou a partir das bordas formando estruturas com anéis concêntricos indicando que estas estavam vazias antes da mineralização, o que sugere um processo diagenético posterior.

Palavras-chave: Icnofósseis, caules fósseis, Permiano, Bacia do Paraná.

ABSTRACT: Activity of Organisms in a Stem of the Rio Grande do Sul State, Brazil.

Borings and galleries were analised in one fossil wood fragment from Serra Alta Formation, Upper Permian, Paraná Basin. Some regions were well preserved allowing for the observation of well preserved wall cells. The wood destruction by insects was accompained by the degradation of wood cell by fungi and bacteria. In these regions the silica precipited from the borders to the center forming concentric rings that were empty before mineralization, suggesting a subsequent diagenetic process.

Key words: Ichnofossils, fossil wood, Permian, Paraná Basin.

INTRODUÇÃO

O registro geológico demonstra que, a partir do Devoniano, ficaram mais evidentes as interações entre as plantas vasculares e os animais (LABANDEIRA, 1997, 1998). Em vegetais fósseis, as atividades biológicas incluem diferentes processos, que resultam em galerias, perfurações, degradação por ação de fungos e bactérias e coprólitos. Perfurações resultantes da atividade de insetos são encontradas em folhas, pecíolos e caules fósseis. Em folhas fósseis, manifestam-se principalmente como fitofagia e galerias. É comum, além disso, a presença de coprólitos no interior de caules fósseis.

No Brasil, poucos são os registros de atividades biológicas em vegetais fósseis. GUERRA-SOMMER (1995) registrou a ocorrência de fitofagia em folhas de Glossopteridales do Eopermiano da Bacia do Paraná, no sul do Brasil, atribuindo aos Ortopterídeos (Protorthoptera). ADAMI-RODRIGUES *et al.* (2003) analisaram folhas fósseis de *Glossopteris* Brongniart,1828 e *Cordaites* Unger, 1850, das formações Rio Bonito e Irati/Serra Alta, do Estado do Rio Grande do Sul, atacadas por insetos herbívoros.

O presente estudo teve como objetivo identificar os tipos de atividades biológicas encontradas em um fragmento de lenho mineralizado do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, relacionando-as ao possível agente causador e a parâmetros de natureza tafonômica.

MATERIAL E MÉTODOS

O material corresponde a um fragmento de lenho com xilema secundário (Gymnospermae),

[1] Submetido em 10 de março de 2004. Aceito em 21 de outubro de 2004.
[2] Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, Centro Politécnico, Setor de Ciências da Terra. Caixa Postal 19.001, Curitiba, 81531-970, PR, Brasil.
[3] E-mail: bolzonrt@ufpr.br.
[4] E-mail: iaze@zaz.com.br.
[5] Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

coletado em um afloramento da rodovia São Gabriel – Batovi (km 18), Formação Serra Alta (ALVES, 1999; MERLOTTI, 2000), do Permiano da Bacia do Paraná, Estado do Rio Grande do Sul. O afloramento é constituído por siltitos oliva a verde-oliva ou cinzentos, com laminação plano-paralela irregular, argilitos maciços, raros arenitos intercalados e concreções silicosas freqüentemente acompanhadas por veios de sílica (GUERRA, 1976; GUERRA-SOMMER, 1978; MERLOTTI, 2000). De acordo com SCHNEIDER *et al.* (1974), esta seqüência está incluída litoestratigraficamente na Formação Serra Alta, de idade Neopermiano, Kazaniano (DAEMON & QUADROS, 1970). A deposição dos sedimentos provavelmente ocorreu abaixo do nível de ação de ondas, em ambiente marinho de águas calmas (SCHNEIDER *et al.*,1974).

O lenho composto por medula e xilema secundário possui 90mm de comprimento, com diâmetro maior de 80mm e diâmetro menor de 50mm, sendo a diferença no diâmetro ocasionada provavelmente pela perda de tecido (Fig.1). O exemplar foi cortado nos três planos anatômicos (transversal, longitudinal e radial) e as secções analisadas em microscópio estereoscópico e ótico. O material está depositado na Coleção de Paleobotânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, PB965).

Características do Lenho

Os cortes transversais indicam um lenho eustélico com medula cêntrica, xilema primário endarco e lenho secundário picnoxílico. A medula pequena (4mm) está mal preservada e rompida. Na periferia da medula observa-se a provável presença de canais secretores. As células do parênquima possuem parede fina. O xilema secundário é homogêneo e constituído de traqueóides e raios; as pontoações intertraqueoidais são unisseriadas e, às vezes, bisseriadas opostas.

O tecido radial está mal preservado e mostra-se homogêneo, com os raios unisseriados e muito baixos com poucas células de altura (2-4-9) e as pontoações do campo de cruzamento pequenas e em número de 4 ou mais. Os anéis de crescimento, em número de 10, são marcados pela redução gradual do diâmetro dos lumens das células axiais do lenho inicial para o tardio, que é estreito (1 a 7 células de largura). A identificação taxonômica mais específica ficou prejudicada, devido a não visualização de características diagnósticas do exemplar, em especial, da medula. O lenho eustélico e a presença de canais secretores periféricos na medula sugerem a inclusão no Grupo Solenóide (MUSSA, 1986).

Características das Atividades Biológicas

O xilema secundário do exemplar foi destruído pela atividade orgânica em várias regiões. As perfurações aparecem normalmente preenchidas por sílica e são facilmente visíveis pela coloração esbranquiçada em plano transversal (Fig.1) e longitudinal (Fig.2). No plano transversal aparecem em número e forma variável, desde circulares a ovais, até alongadas e irregulares. As alongadas sugerem a presença de duas ou mais perfurações sobrepostas. No plano anatômico transversal, as regiões com perfurações e consequentemente com o tecido lenhoso destruído ocorrem em número superior a 200. Em todo o xilema secundário, o número médio de perfurações corresponde a 12 por cm^2, com mínimo de 8 e máximo de 18 por cm^2. O diâmetro das perfurações varia de 0,85 a 2,3mm. Fraturas radiais e tangenciais são encontradas no tecido lenhoso originadas, possivelmente antes da silicificação. Estes padrões de fraturas podem ser comumente observados em situações *post-mortem* nos caules atuais.

A observação microscópica dos espaços vazios remanescentes após as perfurações no xilema secundário evidencia que essas estão preenchidas principalmente por bandas de sílica (Figs.3-4). A precipitação ocorreu da periferia para o centro, determinando a formação de anéis concêntricos. Os limites destas áreas possuem células com parede parcialmente preservada (Fig.5).

Nas secções longitudinais, as perfurações no xilema secundário são tubiformes, com diâmetro constante e extremidades arredondadas, e uma altura média de 6,15mm. Normalmente as perfurações mostram fundo cego, mas algumas possuem intercomunicações diagonais ao eixo anatômico longitudinal formando galerias (Fig.2). Na periferia de algumas galerias foram observadas estruturas com morfologia análoga a hifas de fungos, similar as já descritas para lenhos fósseis (BUURMAN, 1972). Também são observados traqueóides com paredes incompletas (Fig. 6) e concentrações de material amarelo escuro a marrom, correspondendo possivelmente a fragmentos de tecido lenhoso.

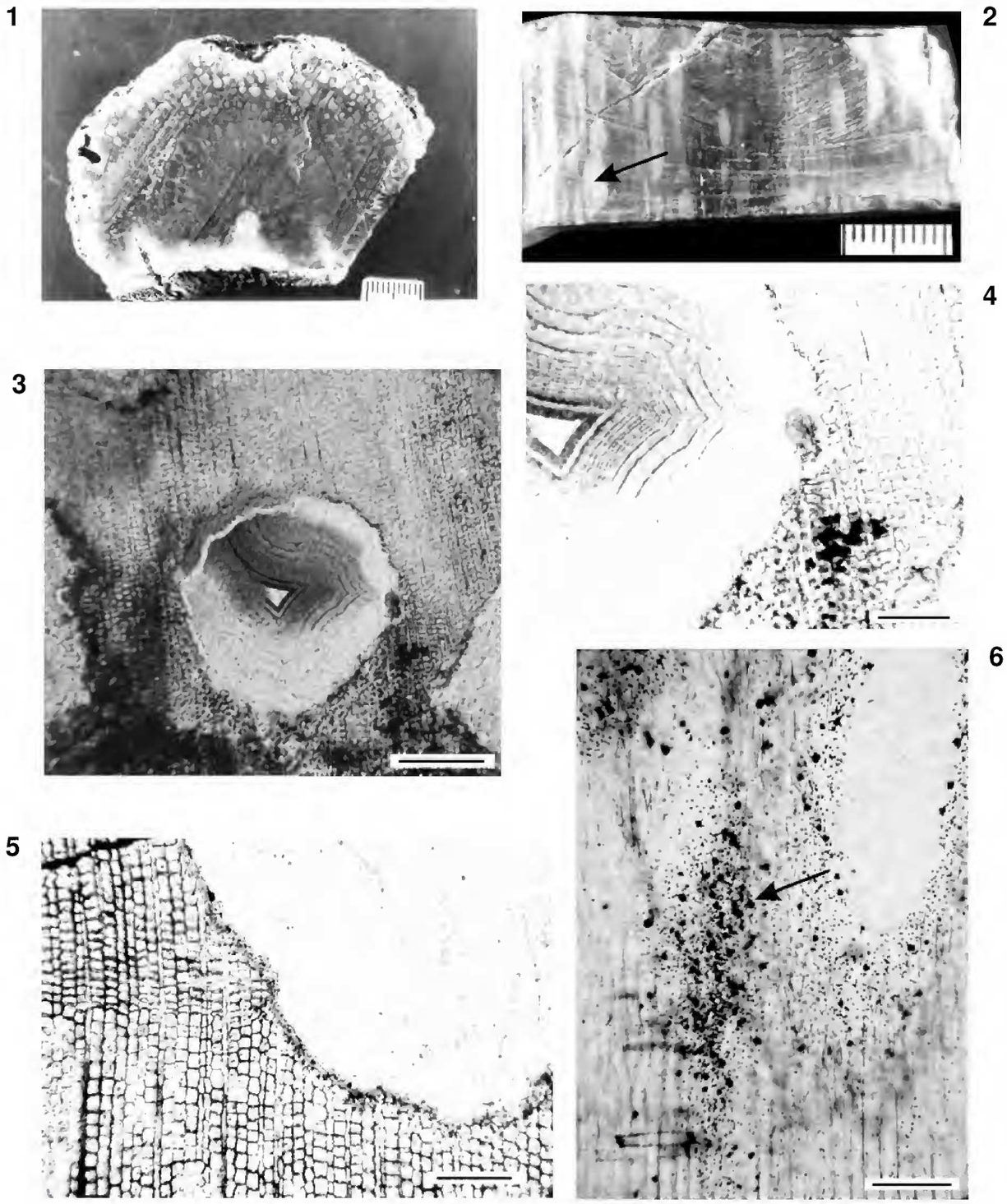

Fig.1- Secção transversal do lenho; fig.2- secção longitudinal mostrando as intercomunicações entre as galerias; fig.3- secção transversal em microscopia ótica de galeria preenchida por sílica bandeada; fig.4- detalhe da figura anterior. Células junto à borda da galeria com paredes incompletas; fig.5- detalhe da galeria com células do lenho tardio e células de raio bem preservadas; fig.6- secção longitudinal com células traqueóides bem preservadas adjacentes à galeria. Concentração de substância marrom escura junto à borda, correspondendo provavelmente a fragmentos de tecido lenhoso. Escalas: 1-2 = mm; 3 = 500μm; 4-6 = 200μm.

DISCUSSÃO

A atividade biológica identificada no lenho estudado inclui perfurações, galerias e outras manifestações, realizadas por insetos, fungos e provavelmente bactérias, embora seja difícil precisar, entre estes, os grupos responsáveis.

Poucos dados sobre atividades biológicas em lenhos fósseis são conhecidos no Brasil, até o momento. As galerias e as perfurações observadas podem ser classificadas como icnitos de alimentação (*Fodinichnia*) do tipo *Xylichnia*, que reúnem perfurações de insetos produzidas em madeiras. FERNANDES *et al.* (2002) fizeram referência ao material em estudo e classificaram as perfurações como estruturas de bioerosão.

No final do Paleozóico, os artrópodes dos grupos Diplopoda, Arthropleura, Collembola e Coleoptera foram considerados como possíveis habitantes das madeiras em decomposição e os Orthoptera (Blattodea), Diplopoda, Arthropleura, Collembola, Acarida e Coleóptera, seriam xilófagos (SCOTT & TAYLOR, 1983; TAYLOR & TAYLOR, 1993).

LABANDEIRA (1998) apresentou alguns critérios para identificar no registro fóssil, a herbivoria, ou seja, as atividades ocorridas durante a vida do vegetal e diferenciar das ocorridas após a morte do vegetal, detritivoria. Considerou como mais importante no reconhecimento da herbivoria, à detecção da resposta do vegetal, incluindo a reação dos tecidos que implicam na multiplicação e no aumento anormal das células. De acordo com os critérios indicados pelo autor, o material estudado apresenta evidências de detritivoria.

Segundo STUBBLEFIELD & TAYLOR (1986), as galerias originadas por insetos em tecidos lenhosos, em geral, variam pouco em tamanho, não são vazias e formam uma rede anastomosada de espaços sugerindo escavações.

CICHAN & TAYLOR (1982) registraram evidências de atividade biológica, na forma de pelotas fecais de coleópteros e túneis conectando galerias verticais em lenhos mineralizados de *Premnoxylon* Pierce & Hall 1953, do Carbonífero dos Estados Unidos. ZHOU & ZHANG (1989) também apontam coprólitos deste mesmo grupo de insetos, em lenhos de *Protocupressinoxylon* Eckhold, 1922, do Jurássico da China. Os ácaros perfuradores de madeira seriam muitas vezes responsáveis por túneis, preservados em madeiras permineralizadas ou petrificadas, contendo muitas vezes, coprólitos em seu interior (DEREK & TAYLOR, 2002). O registro fóssil indica que este grupo de ácaros ocorre desde o Neocarbonífero (ASH, 2000; DEREK & TAYLOR, 2002). ASH (2000) descreveu um caule de Filicales do Triássico do Arizona contendo cavidades irregulares de várias formas e tamanhos, além de coprólitos pequenos (40-50μm de diâmetro e 80 a 100μm de comprimento) preenchidos por minerais, atribuídos a ácaros Oribatida.

A ocorrência de fósseis de insetos das ordens Mecopteoidea (Família Permochoristidae); Neuropteris (Família Permithonidae); Coleoptera (Família Permocupididae) e Homoptera (Famílias Pereboridae, Prosbolecicadidae, Prosbolidae e Fulguringuidae) é registrada para o Permiano do Rio Grande do Sul (Formação Irati/Serra Alta, localidade de Mina do Leão, km 90 BR290), conforme PINTO (2000).

As comparações entre caules atuais atacados por larvas de coleópteros e o lenho fóssil analisado mostram semelhanças no padrão de destruição, principalmente com relação ao diâmetro das perfurações circulares e as intercomunicações entre elas. Essas semelhanças e os dados do registro fóssil permitem sugerir que as perfurações e as galerias foram realizadas por larvas de coleópteros, provavelmente após a morte do vegetal. Além disso, em madeiras atuais, as galerias ocasionadas pela atividade de invertebrados (larvas de insetos e moluscos) são rapidamente colonizadas por fungos e bactérias que intensificam a destruição do lenho.

Segundo KIM & SINGH (2000), em ambientes úmidos, as bactérias são mais tolerantes às condições anóxicas ou com pouco oxigênio. O padrão de decomposição da madeira por bactérias é diferente do padrão ocasionado por fungos. As bactérias atacam principalmente os elementos não lignificados da madeira e podem ser reconhecidas três diferentes formas de decomposição das paredes celulares: túneis tortuosos, erosão produzindo valas e cavidades que ocorrem na direção perpendicular ao eixo longitudinal da célula. Para os autores, a degradação por fungos é o resultado da ação de alguns ascomicetos, deuteromicetos e basidiomicetos. Os ascomicetos e deuteromicetos causam a podridão branda, mais comum em solos e, às vezes, associada com a degradação por bactérias. Já sob condições de oxigênio reduzido, a madeira pode ser atacada e degradada por fungos basidiomicetos e bactérias, causadores da podridão branca e da podridão parda. Na podridão branca ocorre a degradação e a corrosão dos componentes das paredes celulares. No segundo tipo, a celulose é rapidamente despolimerizada e, embora a parede fique muito porosa, a forma original da célula é mantida.

STUBBLEFIELD & TAYLOR (1986), ao estudarem amostras de caules de *Araucarioxylon* Kraus, 1870 e *Vertebraria* (Royle) Schopf, 1965 do Permiano da Antártica, sugeriram seu ataque por fungos. As regiões atacadas do lenho ficaram mais claras em comparação com as células adjacentes, refletindo uma redução da quantidade de matéria orgânica na parede de algumas células. Os autores observaram que nas margens das escavações, as células estavam parcialmente degradadas e as paredes das células do tecido lenhoso de regiões próximas foram modificadas.

A colonização por fungos e provavelmente bactérias ocorreu no lenho fóssil estudado, pois algumas regiões com tecido lenhoso destruído indicam um padrão semelhante ao encontrado em lenhos com áreas de podridão. As hifas de fungos foram observadas na periferia das galerias e teriam penetrado no tecido lenhoso após a sua formação. A decomposição por fungos e a degradação por bactérias dos constituintes das paredes celulares do lenho alteraram a morfologia original de muitas perfurações e as dimensões de algumas galerias.

Os processos relacionados com a diagênese de um lenho resultam na preservação ou destruição do tecido lenhoso. As células ao redor das perfurações no caule estudado estão preservadas e indicam que não ocorreram mudanças morfológicas significativas durante os processos diagenéticos. As fraturas radiais, tangenciais e oblíquas sugerem o ressecamento do tecido lenhoso após a formação das galerias. Estas fraturas estão preenchidas por minerais similares aos que ocorrem nas galerias.

A preservação do tecido lenhoso, muitas vezes, ocorre da superfície da parede, onde a sílica precipita, para o interior da célula (LEO & BARGHOORN, 1976). Assim, em grandes espaços (SCURFIELD & SEGNIT, 1984) ou em estruturas celulares grandes, como um elemento de vaso (BOLZON & OLIVEIRA, 2000), os minerais precipitam em bandas.

No material estudado, a atividade biológica ocorreu antes do sepultamento final. A análise da mineralogia permitiu inferir que as perfurações e as galerias estavam vazias no início do processo de silicificação do lenho, pois durante a fossildiagênese, a precipitação da sílica, que iniciou provavelmente após o sepultamento, ocorreu da borda para o centro formando anéis concêntricos.

CONCLUSÃO

Um grande número de indícios de atividade de perfuração foi identificado em regiões do tecido lenhoso de um fragmento de caule proveniente de níveis do Permiano, provavelmente produzidas por insetos. No início do processo de silicificação estas perfurações e galerias estavam vazias, e posteriormente, com a precipitação da sílica, formaram-se estruturas com bandas concêntricas. Associada à ação dos insetos, ocorreu à degradação por fungos e bactérias.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo empréstimo do material, e ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI-RODRIGUES, K.; IANUZZI, R.; ALVES DE SOUZA, P. & PINTO, I.D., 2003. Quantitative analisys of herbivory on Gondwana floras of the Neopalaeozoic of Rio Grande do Sul State, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18., Brasília. **Resumos...**, Brasília: SBP, p.33.

ALVES, L.S.R., 1999. **Anéis de crescimento como indicadores paleoclimáticos no Neopermiano da Bacia do Paraná (Fm. Irati e Serra Alta)**. Porto Alegre. 271p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ASH, S., 2000. Evidence of oribatid mite herbivory in the stem of a Late Triassic tree fern from Arizona. **Journal of Paleontology**, **74**(6):1065-1071.

BOLZON, R.T. & OLIVEIRA, E.V., 2000. Associação de lenhos fósseis da região de Uruguaiana, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: considerações sobre geologia e tafonomia. **Revista da Universidade de Guarulhos**, **5**(n.especial):160-163.

BUURMAN, P., 1972. Mineralization of fossil wood. **Scripta Geologica**, **12**:1-43.

CICHAN, M.A. & TAYLOR, T.N., 1982. Wood-boring in *Premnoxylon*: plant-animal interactions in the Carboniferous. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **39**:123-127.

DAEMON, R.F. & QUADROS, L.P., 1970. Bioestratigrafia do Neoproterozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., Brasília, **Anais...**, Brasília: SBG, p.359-412.

DEREK, K.W. & TAYLOR, E.L., 2002. **Evidence of wood-boring mites from the Paleozoic and Mesozoic of Antarctica.** Disponível em: <http://www.2002.botanyconference.org/section7/abstracts/18.shtml>. Acesso em: 23 out. 2003.

FERNANDES, A.C.S.; BORGHI, L.; CARVALHO, I.S. & ABREU, C.J., 2002. **Guia dos Icnofósseis de Invertebrados do Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência. p.189-190.

GUERRA, M., 1976. *Vertebraria* (Roylé) Schopf 1965 Un genre présent dans la Formacion Irati du Rio Grande do Sul (Brésil). In: CONGRÈS NATIONAL DES SOCIÉTÉS SAVANTES, 101., Lille, **Actes...**, Lille: Fasc. I, p.51-68.

GUERRA-SOMMER, M., 1978. Ocorrência do gênero nórdico de conífera no Gandwana sul brasileiro. **Pesquisas**, **10**:65-76.

GUERRA-SOMMER, M., 1995. Fitofagia em glossopterideas na paleoflora da Mina do Faxinal (Formação Rio Bonito, Artinskiano, Bacia do Paraná). **Pesquisas**, **22**(1-2):58-63.

LABANDEIRA, C.C.,1997. Insect mouthparts: ascertaineing the paleobiology of insect feeding strategies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, **28**:153-193.

LABANDEIRA, C.C.,1998. Early history of arthropod and vascular plant associations. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, **26**:329-377.

MERLOTTI, S., 2000. Os lenhos fósseis das formações Irati e Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná) do Rio Grande do Sul, Brasil - registro de dois novos espécimes. **Revista de Geociências de Guarulhos**, **5**(n.especial):37-39.

MUSSA, D., 1986. As formas Gondwânicas do Grupo Solenóide e sua distribuição estratigráfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **58**(1):61-88.

KIM, Y.S. & SING, A.P., 2000. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: A Review. **IAWA Journal**, **21**(2):135-155.

LEO, R.F. & BARGHOORN, E.S., 1976. Silicification of wood. **Botanical Museum Leaflets**, **25**:1-47.

PINTO, I.D., 2000. Insetos fósseis. In: HOLZ, M. & DEROSS, L. F. (Eds.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EDUFRGS. p.131-147.

SCOTT, A.C. & TAYLOR, T.N., 1983. Plant/animal interactions during the Upper Carboniferous. **Botanical Review**, **49**(3):259-307.

SCHNEIDER, R.L.; MÜLHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A., 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: SBG, v.1, p.41-65.

SCURFIELD, G. & SEGNIT, E.R., 1984. Petrifaction of wood by silica minerals. **Sedimentary Geology**, **39**:149-167.

STUBBLEFIELD, S.P. & TAYLOR, T.N., 1986. Wood decay in silicified gymnosperms from Antarctica. **Botanical Gazette**, **147**(1):116-125.

TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E.L., 1993. **The Biology and Evolution of Fossil Plants.** New York: Pratice Hall. 939p.

ZHOU, Z. & ZHANG, B., 1989. A sideritic *Protocupressinoxylon* with insect borings and frass from the Middle Jurassic, Henan, China. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **59**:133-143.